

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PAT-NO: JP02000279893A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000279893 A
TITLE: CLASSIFIER FOR ULTRA-FINE PARTICLE
PUBN-DATE: October 10, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|---------------------|---------|
| MAKINO, TOSHIHARU | N/A |
| SUZUKI, NOBUYASU | N/A |
| YOSHIDA, TAKEHITO | N/A |
| YAMADA, YUKA | N/A |
| HASHIMOTO, MASAHIKO | N/A |
| SETO, AKIFUMI | N/A |
| AYA, NOBUHIRO | N/A |

ASSIGNEE-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|---|---------|
| MATSUSHITA RESEARCH INSTITUTE TOKYO INC | N/A |
| AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL | N/A |

APPL-NO: JP11087864

APPL-DATE: March 30, 1999

INT-CL (IPC): B07B013/00, B03C003/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To allow a differential electromobility classification system to be operated at the atmospheric pressure or below and to classify fine particles having specified particle sizes into particles having a uniform particle size by a method in which the projecting distance between a carrier

gas ejection port and a classification part slit is decreased to improve sheath gas exhaust efficiency in an apparatus, an ultra-fine particle moving distance in classification is decreased to prevent the deterioration of resolution in Brownian diffusion.

SOLUTION: Sheath gas 103 is introduced into a differential electromobility classification system, made uniform isotropically by a sheath gas buffer 104, and discharged from a sheath gas exhaust port 113 by way of a filter 118 and a classification part 109. Charged ultra-fine particles 119 are carried by carrier gas 107 from a distance- reduced carrier gas ejection port 110 by way of a slit part 111, exposed to an electrostatic field in the classification part 109, and turned in the axial direction of a cylinder according to the electromobility of the charge number and the particle size.

Only the ultra-fine particles 119 which reached the slit part 111 in the lower part of an inner cylinder are taken out as classified ultra-fine particles 120 from a carrier gas exhaust port 115. In this way, operation is done at the atmospheric pressure or below, and classification is enabled for the ultra-fine particles 119 of 1-20 nm in particle size into particles having a uniform particle size.

COPYRIGHT: (C)2000, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 許出願公開番号

特開2000-279893

(P2000-279893A)

(43) 公開日 平成12年10月10日 (2000. 10. 10)

| (51) IntCl ⁷ | 識別記号 | F I | キーワード (参考) |
|-------------------------|------|---------------|-------------|
| B 0 7 B 13/00 | | B 0 7 B 13/00 | 4 D 0 2 1 |
| B 0 3 C 3/00 | | B 0 3 C 3/00 | Z 4 D 0 5 4 |

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-87864

(22) 出願日 平成11年3月30日 (1999. 3. 30)

(71) 出願人 390010021

松下技研株式会社

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号

(74) 上記1名の代理人 100082692

弁理士 藤合 正博

(71) 出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(74) 上記1名の復代理人 100082692

弁理士 藤合 正博 (外1名)

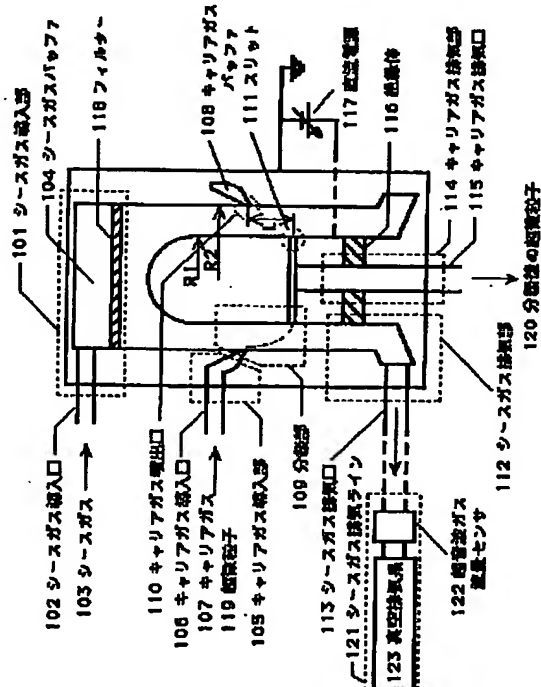
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超微粒子分級装置

(57) 【要約】

【課題】 大気圧以下の圧力領域で動作し、1ナノメートルから20ナノメートルの超微粒子を均一な粒径に分級できる超微粒子分級装置を提供すること。

【解決手段】 微分型電気移動度分級系を低圧動作させるためには、微分型電気移動度分級系内のシースガスを効率良く、高排気速度で排気する必要がある。従って、微分型電気移動度分級系を小型化し、微分型電気移動度分級系内のシースガス容量を小さくした。また、粒径が100nm以下の超微粒子では、低圧下での輸送機構としてブラウン拡散が無視できないことから、微分型電気移動度分級系を小型化することで、微分型電気移動度分級系内での分級に要する超微粒子の移動距離を短くし、ブラウン拡散による分級分解能の低下を防止した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シースガスを導入するためのシースガス導入部と、荷電された超微粒子を搬送し導入するためのキャリアガス導入部と、導入された超微粒子をキャリアガス噴出口より噴出し、静電界中での荷電粒子の粒径に依存した電気移動度を利用して、キャリアガス噴出口下流に設置したスリットにより分級するための分級部と、分級された超微粒子を取り出すためのキャリアガス排気部と、分級部下流のシースガス排気部と、シースガス排気部下流のシースガス排気ラインとから構成され、キャリアガス導入部および分級部が大気圧以下で動作することを特徴とする超微粒子分級装置。

【請求項2】 分級部の動作圧力が50 Torr以下であることを特徴とする請求項1記載の超微粒子分級装置。

【請求項3】 分級できる超微粒子の平均粒径が1ナノメートルから20ナノメートルであることを特徴とする請求項1または2記載の超微粒子分級装置。

【請求項4】 キャリアガス噴出口と分級部スリットの投影距離が20mm以下であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の超微粒子分級装置。

【請求項5】 シースガス導入部より分級部、分級部よりシースガス排気部と、段階的にシースガス流路のコンダクタンスが高くなることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の超微粒子分級装置。

【請求項6】 シースガス排気口を2つ以上有し、多方向排気であることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の超微粒子分級装置。

【請求項7】 シースガスをHeとし、分級部に印可する電圧を200V以下とすることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の超微粒子分級装置。

【請求項8】 シースガス排気部下流でのガス流量測定に超音波ガス流量センサを用いることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の超微粒子分級装置。

【請求項9】 キャリアガス導入部へのキャリアガス導入方向と、分級部へのキャリアガス噴出方向を異ならせたことを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の超微粒子分級装置。

【請求項10】 シースガス導入部、キャリアガス導入部、分級部、シースガス排気部、キャリアガス排気部を各構成単位とし、これらの構成単位が各々幾何学形状の異なるものへ交換可能であることを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載の超微粒子分級装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超微粒子分級装置に関するものであり、静電界中での荷電粒子の粒径に依存した電気移動度を利用した微分型電気移動度分級装置である。

【0002】

【従来の技術】従来、静電界中での荷電粒子の粒径に依存した電気移動度を利用した微粒子分級装置である微分型電気移動度分級装置が、サブミクロンの微粒子を高効率で捕集分離する高性能エアフィルターの性能テストや浄化雰囲気モニタリング等における標準エアロゾルの生成および微粒子の粒径測定に用いられてきた。図5は、例えばエアロゾル研究Vol. 2, No. 2, p 106 (1987)あるいは粉体工学会誌Vol. 21, No. 12, p 753 (1984)に記載された、従来の微分型電気移動度分級装置の概略図である。図5において、荷電されたエアロゾル301はキャリアガス302により搬送され、二重円筒型分級装置の上部端から流入し、内側を流れるシースガス303である清浄空気と合流する。荷電されたエアロゾル301とシースガス303の混合ガスは、層流として二重円筒部分を流れる。この二重円筒部分では、前記の混合ガスの流れの方向と垂直に、直流電源306により静電界が印可されている。従って荷電されたエアロゾル301は各々の電気移動度に応じてあるものは内側の集電極306へ移動、付着し、あるいは主排気口であるシースガス排気口304から流出する。下部のスリット308に達した粒子だけが分級されてキャリアガス排気口305より取り出される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】図5に示した従来の二重円筒型分級装置において、例えば粉体工学会誌Vol. 21, No. 12, p 753 (1984)に記載された装置径は $L=400\text{mm}$, $R1=15\text{mm}$, $R2=25\text{mm}$ であり、二重円筒型分級装置内を流れるシースガスの容量は大きく、シースガスとして大量の清浄空気を必要とする。また、従来の二重円筒型分級装置の動作圧力は大気圧程度に設計されている。

【0004】一方、例えば、希ガス中パルスレーザー堆積法により粒径が数ナノメートルから数十ナノメートルの超微粒子を生成する場合、その雰囲気ガス圧力は通常、数Torr～数百Torrである。従って希ガス中パルスレーザー堆積法により生成した超微粒子を、差圧により搬送し分級するためには、微分型電気移動度分級装置は前記雰囲気ガス圧力より低い圧力で動作する必要がある。

【0005】また、粒径が100nm以下の超微粒子の輸送機構には、ブラウン運動による拡散が大きく影響を及ぼす。従って、数ナノメートルから数十ナノメートルの粒径分布をもった超微粒子を均一な粒径に分級するためには、ブラウン運動による粒子の拡散の影響を小さくする必要がある。

【0006】本発明は、上記の様な課題を解決するためになされたものであり、大気圧以下の圧力領域において動作し、粒径が1ナノメートルから20ナノメートルの超微粒子を均一な粒径に分級する超微粒子分級装置を作製することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】従来の微分型電気移動度分級装置を大気圧より低圧で動作させるためには、微分型電気移動度分級装置内のシースガスを効率良く、高排気速度で排気する必要がある。また、数十ナノメートルから数十ナノメートルの粒径分布をもった超微粒子を均一な粒径に分級するためには、ブラウン運動による粒子の拡散の影響を小さくする必要がある。これらの課題を同時に解決するために、本発明では従来の微分型電気移動度分級装置を小型化した。具体的にはキャリアガス噴出口と分級部スリットの投影距離 L を短くした。これにより、微分型電気移動度分級装置内のシースガス容量を小さくし、シースガスの排気効率を向上させた。また L を短くすることで、微分型電気移動度分級装置内での分級に要する超微粒子の移動距離を短くし、ブラウン拡散による分級分解能の低下を防止できる。

【0008】また、微分型電気移動度分級装置を大気圧より低圧で動作させるために、微分型電気移動度分級装置とシースガス排気ラインまで含めた超微粒子分級装置のコンダクタンスを高くした。具体的には、シースガス排気口を2つ以上設置した。また、シースガス排気部下流でのシースガス流量測定に圧力損失のない超音波ガス流量センサを用いた。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、シースガスを導入するためのシースガス導入部と、荷電された超微粒子を搬送し導入するためのキャリアガス導入部と、導入された超微粒子をキャリアガス噴出口より噴出し、静電界中での荷電粒子の粒径に依存した電気移動度を利用して、キャリアガス噴出口下流に設置したスリットにより分級するための分級部と、分級された超微粒子を取り出すためのキャリアガス排気部と、分級部下流のシースガス排気部と、シースガス排気部下流のシースガス排気ラインとから構成され、キャリアガス導入部および分級部が大気圧以下で動作することを特徴とする超微粒子分級装置である。前記超微粒子分級装置を用いることにより、大気圧以下の圧力下で生成された超微粒子を差動排気で超微粒子分級装置に搬送し、分級することが可能となる。

【0010】請求項2に記載の発明は、請求項1記載の超微粒子分級装置において、分級部の動作圧力が50 Torr以下であることを特徴とするものであり、前記超微粒子分級装置を用いることにより、50 Torr以下の圧力下で生成された超微粒子を差動排気で超微粒子分級装置に搬送し、分級することが可能となる。

【0011】請求項3に記載の発明は、請求項1または2記載の超微粒子分級装置において、分級できる超微粒子の平均粒径が1ナノメートルから20ナノメートルであることを特徴とするものであり、ナノメートルのオーダーの超微粒子を正確に分級することができるという作

用を有する。

【0012】請求項4に記載の発明は、請求項1乃至3のいずれかに記載の超微粒子分級装置において、キャリアガス噴出口と分級部スリットの投影距離 L が20mm以下であることを特徴とするものであり、従来の超微粒子分級装置を小型化することにより超微粒子分級装置内のシースガス容量を小さくし、シースガス排気部下流に設置する真空ポンプの有効排気速度・排気容量を低減化するという作用を有する。また、粒径が100nm以下の超微粒子では、低圧下における輸送機構としてブラウン運動による拡散が無視できなくなるが、 L を20mm以下とし、超微粒子の分級に必要な移動距離を短くすることにより、このブラウン拡散による超微粒子の分級分解能の低下を抑制することが可能となる。

【0013】請求項5に記載の発明は、シースガス導入部より分級部、分級部よりシースガス排気部と、段階的にシースガス流路のコンダクタンスが高くなることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の超微粒子分級装置であり、超微粒子分級装置内のシースガス流の偏りをなくし、均一化するという作用を有する。さらに、超微粒子の分級分解能を向上させることが可能となる。

【0014】請求項6に記載の発明は、シースガス排気口を2つ以上有し多方向排気であることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の超微粒子分級装置であり、シースガス排気部のコンダクタンスを向上させ超微粒子分級装置内のシースガス流を均一化するという作用を有する。さらに前記コンダクタンスの向上により超微粒子分級装置の大気圧以下の低圧動作が可能となる。

【0015】請求項7に記載の発明は、シースガスをHeとし、分級部に印可する電圧を200V以下とすることを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の超微粒子分級装置であり、超微粒子分級装置に印可する電圧が200V以下で分級制御を行うことができるように分級部の幾何学形状とシースガス流速を設計することにより、シースガスの放電を防ぎ、正常に分級が行われることを可能とする。

【0016】請求項8に記載の発明は、シースガス排気部下流でのガス流量測定にマスフローメータよりコンダクタンスの高い超音波ガス流量センサを用いることを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載の超微粒子分級装置であり、シースガス排気部下流のコンダクタンスを向上させ、超微粒子分級装置の動作圧力を、より低圧にするという作用を有する。

【0017】請求項9に記載の発明は、キャリアガス導入部へのキャリアガス導入方向と、分級部へのキャリアガス噴出方向を異ならせたことを特徴とする請求項1から8のいずれかに記載の超微粒子分級装置であり、キャリアガス導入部にバッファを形成し、分級部へ噴出するキャリアガス流の偏りをなくし均一化するという作用を有する。さらに、分級部へ噴出するキャリアガスの噴出

速度を小さくすることが可能となる。これは結果として分級精度を高く維持できることを意味する。

【0018】請求項10に記載の発明は、シースガス導入部、キャリアガス導入部、分級部、シースガス排気部、キャリアガス排気部を各構成単位とし、これらの構成単位が各々幾何学形状の異なるものへ交換可能であることを特徴とする請求項1から9のいずれかに記載の超微粒子分級装置であり、分級できる超微粒子の粒径範囲を容易に設定変更できるという作用を有する。

【0019】(実施の形態)以下、本発明の実施の形態について、図1、図2、図3、図4を用いて説明する。図1は本発明の一実施形態を示し、微分型電気移動度分級系と、シースガス排気ライン121から構成される超微粒子分級装置である。微分型電気移動度分級系はシースガス導入部101およびキャリアガス導入部105、分級部109、シースガス排気部112およびキャリアガス排気部114から構成される。まず各構成部の構造および特徴について説明する。シースガス導入部101は、シースガス導入口102、シースガスバッファ104、フィルター118から構成されている。フィルター118は、シースガス導入口102より導入されたシースガス103のもつ水平方向の速度を下方向へ変換し、さらに等方的に均一化された状態の流れにするためのものである。従ってフィルター118上部の空間はバッファとして作用する構造になっている。このシースガスバッファ104により、分級部109を流れるシースガスの流速を、二重円筒断面内の同一円周上(半径Rが一定の円周上)で等しくすることができる。従って、分級部109で分級される超微粒子の粒径も二重円筒断面内の円周上で等しくすることができ、これにより分級分解能を向上させることが可能となった。

【0020】キャリアガス導入部105は、キャリアガスと超微粒子119が導入されるキャリアガス導入部106と、キャリアガスの流れを均一化するキャリアガスバッファ108と、キャリアガスを噴出させるキャリアガス噴出口110とから構成されている。キャリアガス導入部105もシースガスバッファ104と同様にバッファが形成される構造になっている。すなわち、キャリアガス107の導入方向と噴出方向を異ならせ、キャリアガス導入口106とキャリアガス噴出口110の間に空間を形成した。具体的にはキャリアガス107を水平方向に導入し、斜め下方向に噴出した。これにより、一方向のキャリアガス導入口106より微分型電気移動度分級系へ取り入れたキャリアガスを、二重円筒の外周に開けられているキャリアガス噴出口110のどの部位からも等しい速度で噴出することができる。従って、分級部109で分級される超微粒子119の粒径も二重円筒断面内のどの部位でも等しくすることができ、これにより分級分解能を向上させることが可能となった。

【0021】分級部109は、微分型電気移動度分級系の外筒と内筒の間に形成される円筒状の空間、外筒に設置したキャリアガス噴出口110、および内筒下部に設置したスリット111より構成される。

【0022】シースガス排気部112は、分級部109下流の、外筒と内筒の間に形成される円筒状の空間とシースガス排気口113から構成される。分級部109の外筒と内筒の間に形成される円筒状空間を流れるシースガス103の流速を均一にするためには、分級部109のコンダクタンスよりシースガス排気部112のコンダクタンスを高くする必要がある。これはシースガス排気部112でのシースガスの淀みをなくするためである。一般に、管のコンダクタンスは、分子流領域では、その管の断面積の $3/2$ 乗に比例する。従って、本発明では、分級部109の外筒と内筒の間に形成される円筒状空間の断面積 $\pi(R_1^2 - R_2^2)$ よりもシースガス排気口113の断面積を大きくすることにより、分級部109のコンダクタンスよりシースガス排気部112のコンダクタンスを高くし、微分型電気移動度分級系内のシースガス流の淀みをなくし、均一化する(すなわち層流にする)ことを実現した。

【0023】キャリアガス排気部114は、スリット111に一端が接続された円筒状の空間と、円筒体の下流端部に設けられ分級された超微粒子120を排出するキャリアガス排気口115とから構成される。またシースガス排気部112の内筒とキャリアガス排気部114との間には絶縁体116が設けられ両部材112、114の間を一定距離に隔てている。

【0024】図2は、図1に示した円筒型の微分型電気移動度分級系を上部より見た概略図である。円筒の軸対称にシースガス排気口113を設置することにより、微分型電気移動度分級系内のシースガスの流れを、円筒断面内において等方的にした。本発明では、円筒の軸対称に4つのシースガス排気口113を設置した。シースガス排気口113を2つ以上設置することにより、一つのシースガス排気口の場合と比べ二倍以上の管断面積を得ることができ、シースガス排気部112のコンダクタンスをさらに向上させ、分級部109の外筒と内筒の間に形成される円筒状空間を流れるシースガスの流速をより均一にすることができた。さらにシースガス排気部112におけるシースガスの許容排気速度を増加させ、微分型電気移動度分級系の動作を大気圧より低圧で行うことを可能とした。

【0025】シースガス排気ライン121は、シースガス排気部112下流に設置された超音波ガス流量センサ122と真空排気系123とで構成される。超音波ガス流量センサ122は、真空排気系123により排気されるシースガスの流量計測のため設置した。従来は、質量流量計等を設置してシースガスの流量を計測していたものである。図3(a)、(b)にそれぞれ従来の質量流

量計と、本実施の形態における超音波ガス流量センサの概略図を示す。図3(a)に示した従来の質量流量計は、ガス流路にオリフィス板201等の障害物を設け、ガス圧力測定用管203により求めたオリフィス板201前後に出現する差圧とガス202の平均流速の関係を利用してガス流量を求める。従って、質量流量計内には必然的に圧力損失があり、この圧力損失以下の低圧力下では質量流量計を動作させることができない。一方、図3(b)に示した超音波ガス流量センサは、ガス配管の外側に超音波パルス検出器を取り付けるだけでガス流量測定ができる。従って、ガス配管の形状によるコンダクタンスの低下がない。

【0026】一般に、超音波が流体中を伝搬する場合、流体の上流から下流（超音波パルス検出器A204から超音波パルス検出器B205）に伝搬する場合と、下流から上流（超音波パルス検出器B205から超音波パルス検出器A204）に伝搬する場合では管壁に対する相対伝搬速度が異なる。超音波ガス流量センサは、この相対伝搬速度の差がガス202の流速に比例することを利用してガス流量を求めるものであり、ガス流路内への超音波パルス検出器の挿入部分および接触部分がないため、圧力損失がない。従って、大気圧以下の低圧力下でも流量計測が可能となる。さらに、ガス流路内への超音波パルス検出器の挿入部分および接触部分がないことにより、シースガス排気系のコンダクタンスを向上させることができる。

【0027】図1に示した超微粒子分級装置において、以下に示す動作により超微粒子119の分級を行った。シースガス103はシースガス導入口102より微分型電気移動度分級系に導入され、シースガスバッファ104により等方的に均一化されフィルター118を通過した後、分級部109を層流状態で通過しシースガス排気口113より排気される。シースガス排気口113より排気されたシースガスのガス流量は、シースガス排気ライン121に設置された超音波ガス流量センサ122で計測される。

【0028】一方、荷電された超微粒子119はキャリアガス107により搬送され、キャリアガス導入口106より微分型電気移動度分級系に導入され、キャリアガスバッファ108により等方的に均一化された後、キャリアガス噴出口110より分級部109へ噴出される。上記分級部109には、外筒および内筒間に直流電源117により円筒軸に垂直な方向に静電界が印加されているため、キャリアガス噴出口110より噴出された超微粒子119は、シースガス103により下方に搬送されつつ、その荷電数と粒径に依存した電気移動度に応じた軌跡を描きつつ円筒の軸方向に曲げられる。上記曲げられた超微粒子119において、内筒下部に設けたスリット111に到達したもののみが分級された超微粒子120としてキャリアガス排気口115より取り出される。

【0029】超微粒子分級装置を大気圧より低圧力で動作させるためには、シースガスを高排気速度で排気しなければならない。あるいは、限られた排気速度の真空排気系123で効率よくシースガスを排気しなければならない。従って、本発明では、真空排気系123として3000 l/minの高排気速度をもつメカニカルブースターポンプを用いた。さらに、従来の微分型電気移動度分級装置を小型化することにより微分型電気移動度分級系内のシースガス容量を小さくし、真空排気系123で効率よくシースガスを排気した。具体的には、従来の微分型電気移動度分級装置のキャリアガス噴出口110と分級部スリット111の距離Lは400mmであったが、本発明においてはL=10mmとした。（他の装置径は、R1=25mm、R2=33mmとした。）これにより、微分型電気移動度分級系内のシースガス容量を従来の10分の1以下にした。その結果、図1に示した超微粒子分級装置により8 Torrの低圧動作が実現された。

【0030】粒径が100nm以下の超微粒子では、低圧下における輸送機構としてブラウン運動による拡散が無視できなくなる。また、粒径の小さい超微粒子ほど大きい拡散係数を持つ。従って、数ナノメートルから数十ナノメートルの粒径をもった超微粒子を均一な粒径に分級するためには、ブラウン拡散の効果を抑制する必要がある。本発明においては、キャリアガス噴出口110から内筒下部に設けたスリット111までの超微粒子119の分級に要する移動距離を短くすることにより、このブラウン拡散の効果を抑制した。具体的には、微分型電気移動度分級装置のキャリアガス噴出口110と分級部スリット111の投影距離Lを、従来では投影距離L=400mmであったものを、本発明においてはL=10mmとした。その結果、希ガス中パルスレーザーアブレーション法により作製したSi超微粒子を、図1に示した超微粒子分級装置により、平均粒径5nm、幾何標準偏差1.2の分級精度で分級することができた。

【0031】シースガス103としてHeを選択した場合、数Torrの低圧力下では、直流電源117により微分型電気移動度分級系に印加する電圧が200V程度で放電が生じる。従ってこの場合、200V以下の印可電圧において分級できるよう、分級部の幾何学形状とシースガス流速を設計しなければならない。図4に、本実施の形態における、直流電源117による微分型電気移動度分級系への印可電圧Vの、分級される超微粒子119の平均粒径dp依存性を示す。図4よりキャリアガス噴出口110と分級部スリット111の投影距離Lを適当に変化させることにより、分級される超微粒子119の粒径を数ナノメートルから数十ナノメートルの間で制御できることがわかる。

【0032】なお、本発明の微分型電気移動度分級系は、シースガス導入部101、キャリアガス導入部10

5、分級部109、シースガス排気部112、キャリアガス排気部114の各構成部をユニット化し交換可能としている。これにより、キャリアガス噴出口110と分級部スリット111の投影距離L等を容易に変更することができ、従って印可電圧が200V以下で分級できる超微粒子119の粒径範囲を容易に設定変更できる。

【0033】また、シースガス103のHeはArにしてもよく、その場合、ArはHeより質量が重いため、超微粒子119をより効率よく搬送することが可能となる。また、前記の様に効率良く超微粒子119を搬送できる上、Heの10倍の質量を持つため、ブラウン拡散の悪影響が少ない。さらに、放電耐電圧が高い等の利点をもつ。

【0034】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、大気圧以下の圧力領域で動作し、さらに数ナノメートルから数十ナノメートルの粒径分布をもった超微粒子を均一な粒径に分級する微分型電気移動度分級系を構成要素とする超微粒子分級装置を作製することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態による超微粒子分級装置の概略構成図

【図2】前記実施の形態による微分型電気移動度分級系を上部より見た概略図

【図3】(a)従来の質量流量計の概略図

(b)従来の超音波ガス流量センサの概略図

【図4】超微粒子分級装置への印可電圧Vの、分級される超微粒子の平均粒径 d_p 依存性を示すグラフ図

【図5】従来の微分型電気移動度分級装置の概略構成図

【符号の説明】

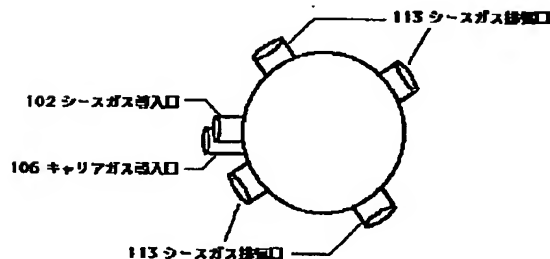
101 シースガス導入部

102 シースガス導入口

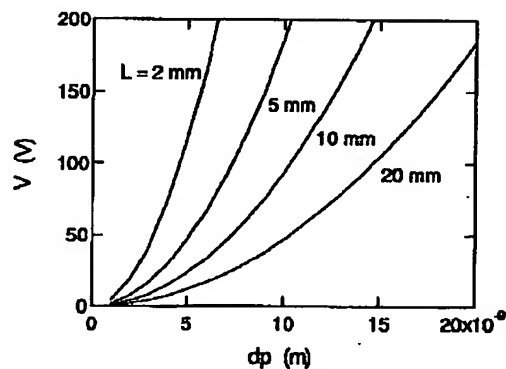
103 シースガス

104 シースガスバッファ
105 キャリアガス導入部
106 キャリアガス導入口
107 キャリアガス
108 キャリアガスバッファ
109 分級部
110 キャリアガス噴出口
111 スリット
112 シースガス排気部
113 シースガス排気口
114 キャリアガス排気部
115 キャリアガス排気口
116 絶縁体
117 直流電源
118 フィルター
119 超微粒子
120 分級後の超微粒子
121 シースガス排気ライン
122 超音波ガス流量センサ
201 オリフィス板
202 ガス
203 ガス圧力測定用管
204 超音波パルス検出器A
205 超音波パルス検出器B
301 エアロゾル
302 キャリアガス
303 シースガス
304 シースガス排気口
305 キャリアガス排気口
306 集電極
307 直流電源
308 スリット

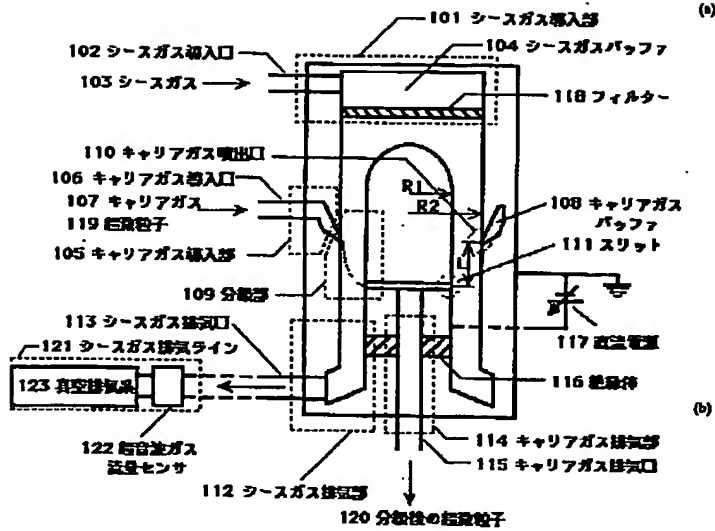
【図2】



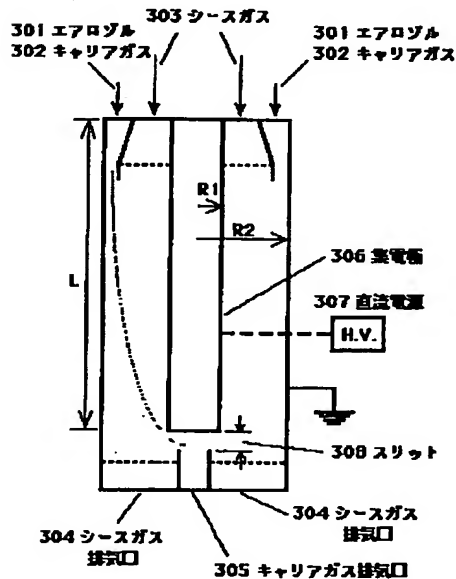
【図4】



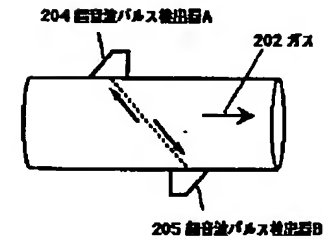
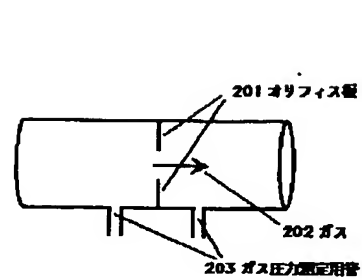
【図1】



【図5】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 牧 野 俊 晴
 神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1
 号 松下技研株式会社内
 (72)発明者 鈴 木 信 靖
 神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1
 号 松下技研株式会社内

(72)発明者 吉 田 岳 人
 神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1
 号 松下技研株式会社内
 (72)発明者 山 田 由 佳
 神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1
 号 松下技研株式会社内

(72)発明者 橋 本 雅 彦

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1
号 松下技研株式会社内

(72)発明者 瀬 戸 章 文

茨城県つくば市並木1丁目2番地 工業技
術院機械技術研究所内

(72)発明者 綾 信 博

茨城県つくば市並木1丁目2番地 工業技
術院機械技術研究所内

Fターム(参考) 4D021 FA11 GA06 GA10 GA13 GA16
GA17 GA27 JA20 JB02 KA01
LA07 LA20 MA01 MA05 NA10
4D054 AA20 BA04 BA15 CA10 CA20
EA14 EA16